



JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Partner der

Wirtschaft

johann.fank@joanneum.at
www.joanneum.at
Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz, Austria
INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

1



Seminar Wasserkreislaufparameter

Parameter des Wasserkreislaufs an der
Forschungsstation Wagna
(Auswertung und Ergebnisse)

Johann Fank
01. April 2008

Seggau

johann.fank@joanneum.at
www.joanneum.at
Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz, Austria
INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

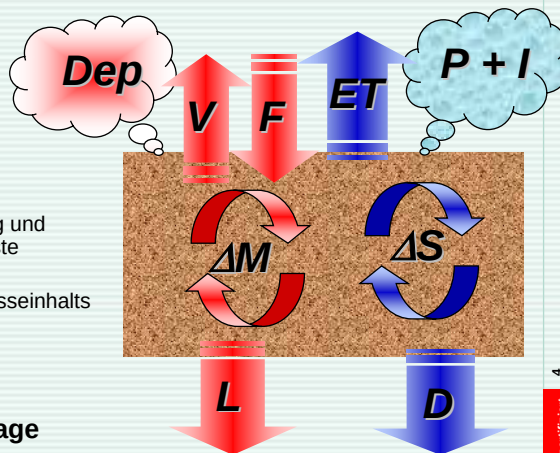
2

Inhalt

- **Einleitung**
- **Datenkontrolle und Korrektur**
- **Auswertemethoden**
 - Gras – Referenzverdunstung aus Wetterdaten
 - Wasserkreislaufparameter aus Lysimeterdaten
- **Auswerteergebnisse auf unterschiedlichen Zeitskalen**
- **Ergebnisdokumentation**
- **Zusammenfassung**
 - Wasserbilanz
 - Massenbilanz
- **Schlussfolgerungen und Ausblick**

Wasser- und Stoffbilanz (ebene homogene Standorte)

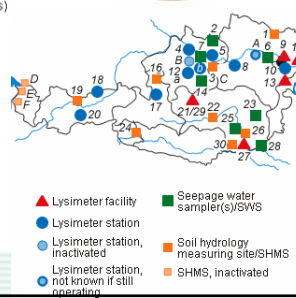
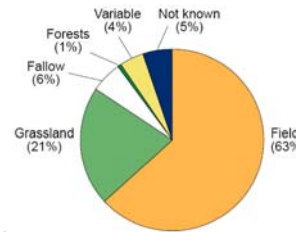
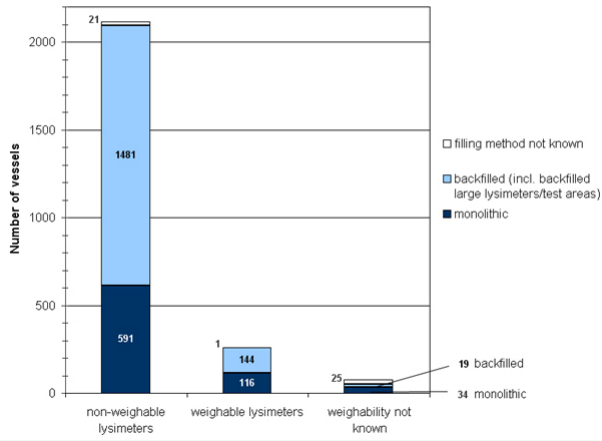
- **Wasserbilanz**
 - $P + I - ET - D - \Delta S = 0$
- **Stoffbilanz**
 - $Dep + F - V - L - \Delta M = 0$
 - Dep = atm. Deposition
 - F = Düngung
 - V = Vegetationsentzug und gasförmige Verluste
 - L = Auswaschung
 - ΔM = Änderung des Masseinhalts
 - Dep = $P * Pc + I * Ic$
 - L = $D * Dc$
- **Eine detailliert bekannte Wasserbilanz ist Grundlage jeder Stoffbetrachtung**



Lysimeter in Europa

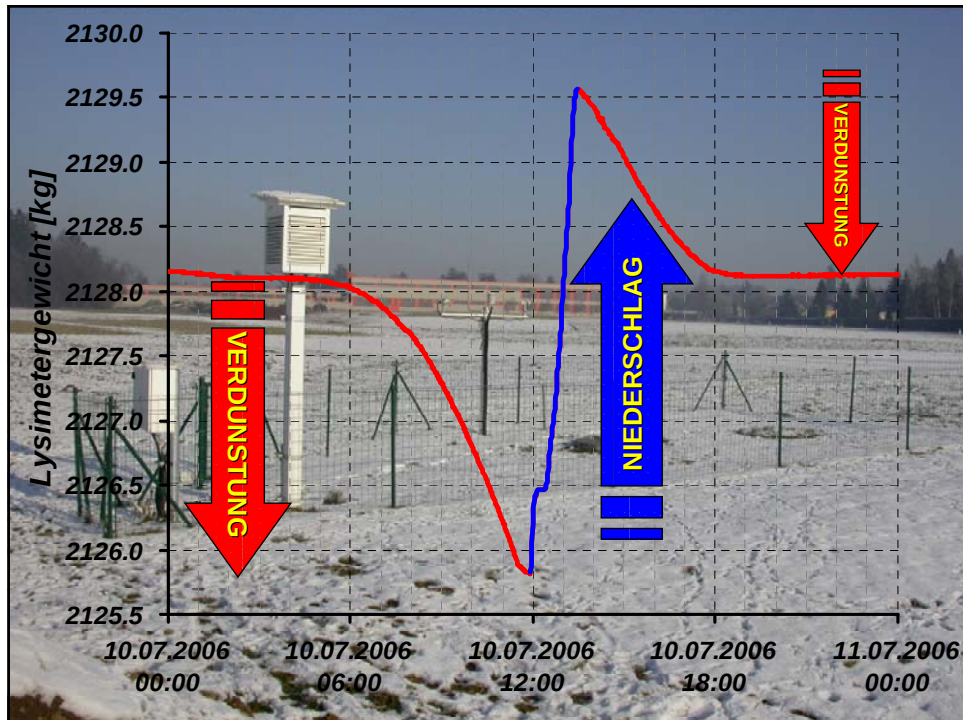
Ch. Lanthaler (www.lysimeter.at/HP_EuLP)

Lysimeters in Europe according to their weighability combined with their soil filling method (survey 2004, updated in 2006; only approximate figures)

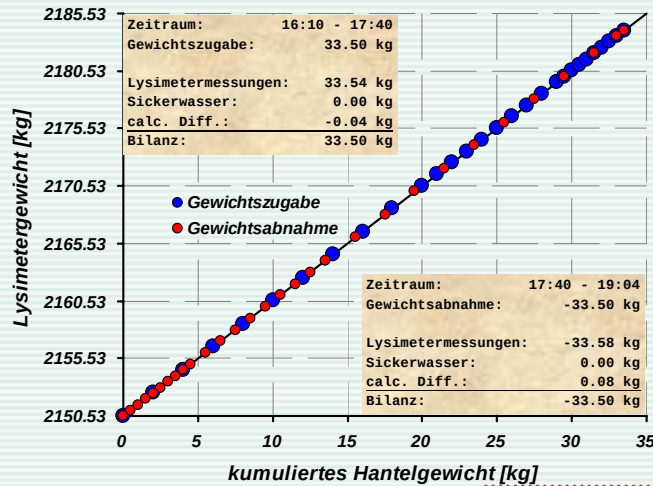


ISO 9001 zertifiziert

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH



Wiegegenauigkeit HYDROLYS (10.10.2007)

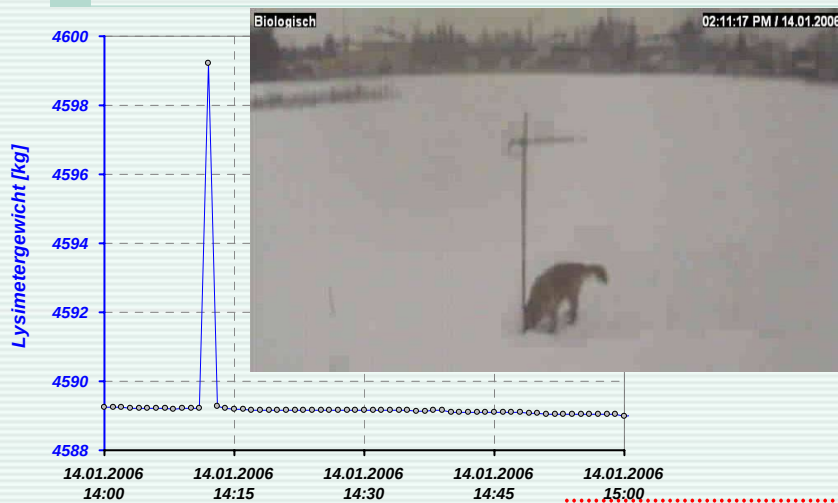


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Datenkorrektur externe Beeinflussung

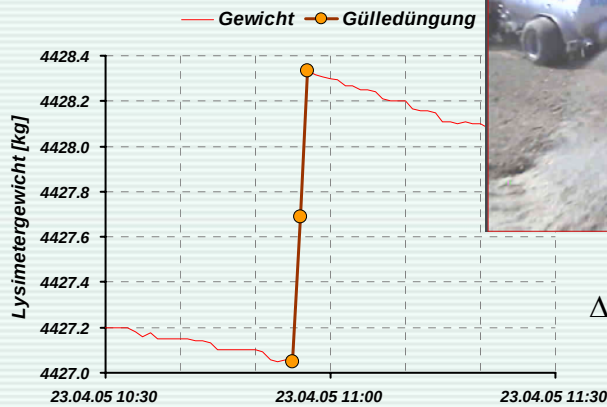


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Datenkorrektur Bewirtschaftungsmaßnahmen



10:55 – 10:57
 Δ Gewicht = 1.382 kg
 $\sim 12.830 \text{ kg ha}^{-1}$

INNOVATION aus TRADITION

9

ISO 9001 zertifiziert

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Erfassung des Niederschlags-Überlaufs



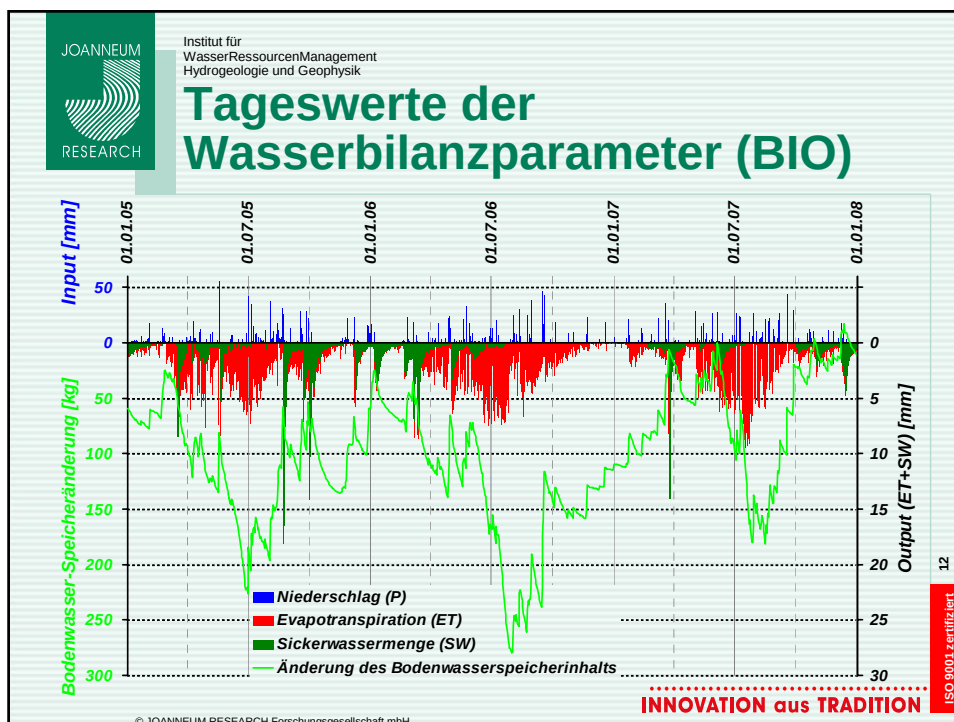
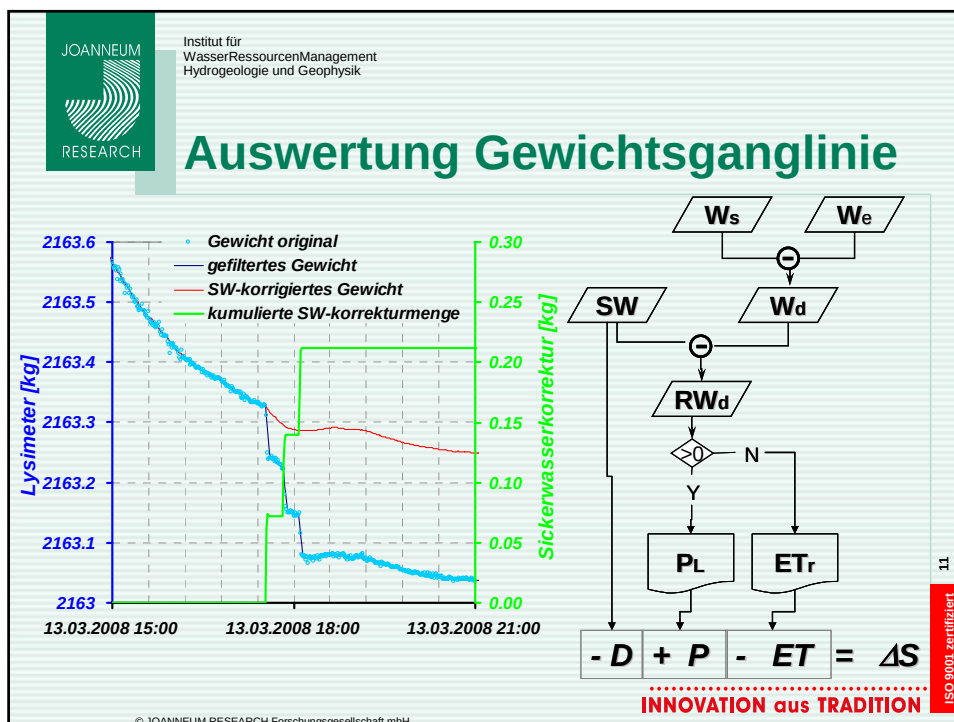
- Im Zuge von Wartungsarbeiten 2007 Einbau einer umlaufenden Rinne
- Registrierung des Überlauf-Niederschlags über eine eigene Wippe
- Im ersten Jahr der Beobachtung (April 2007 bis März 2008)
 - ➔ 5.3 mm Niederschlag
 - ➔ In erster Linie bei Starkregenereignissen im Sommer

INNOVATION aus TRADITION

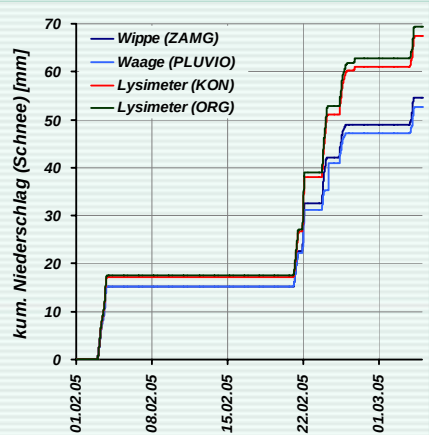
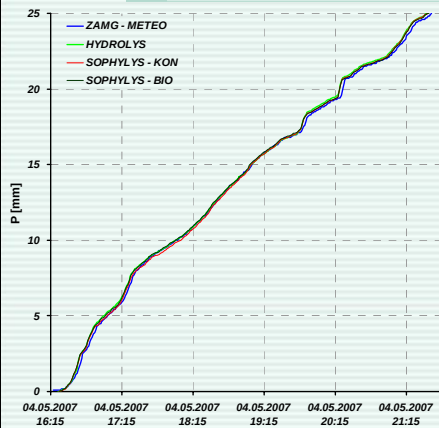
10

ISO 9001 zertifiziert

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH



Niederschlagsmessung Vergleich von Messgeräten

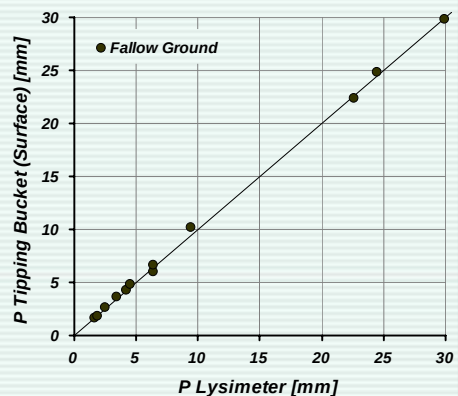
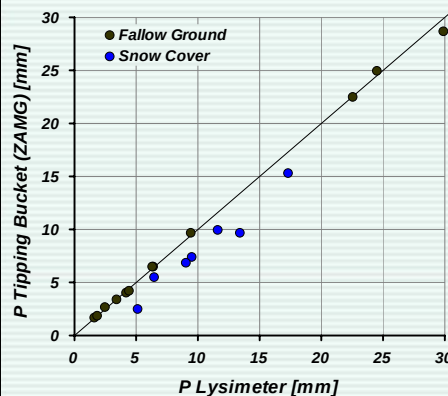


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Niederschlagsmessung (Vergleich Regen – Schnee)



Unterschätzung Schneeniederschlag > 20 %

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Niederschlag 2007 Vergleich Monats- und Jahressummen

2007	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Wippe (ZAMG)	38.7	35.3	96.3	7.7	122.6	64.4	125.6	122.8	146.9	54.2	26.8	50.8	892.1
Waage (PLUVIO)	35.8	32.3	91.6	6.6	117.4	57.0	113.0	110.7	133.2	47.5	24.8	47.1	817.0
Totalisator (UMS)	35.0	33.4	101.9	8.3	121.0	62.4	113.8	105.5	138.7	51.9	28.3	51.0	851.3
HYDROLYS	45.9	36.6	105.5	12.8	129.7	66.9	117.9	119.6	144.9	60.0	32.7	58.5	931.0
SOPHYLYS (KON)	47.0	36.8	97.8	15.2	130.7	62.0	120.3	119.1	144.9	60.6	33.9	56.4	924.6
SOPHYLYS (BIO)	43.0	35.7	105.6	13.6	129.4	63.1	146.9	134.6	157.2	58.3	31.9	53.3	972.6

2007	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Wippe (ZAMG)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Waage (PLUVIO)	92.5%	91.5%	95.1%	85.7%	95.8%	88.5%	90.0%	90.1%	90.7%	87.6%	92.5%	92.7%	91.6%
Totalisator (UMS)	90.5%	94.7%	105.8%	107.5%	98.7%	96.8%	90.6%	85.9%	94.4%	95.8%	105.7%	100.3%	95.4%
HYDROLYS	118.6%	103.6%	109.5%	166.4%	105.8%	103.9%	93.9%	97.4%	98.7%	110.7%	121.9%	115.1%	104.4%
SOPHYLYS (KON)	121.4%	104.2%	101.6%	196.8%	106.6%	96.2%	95.8%	97.0%	98.6%	111.9%	126.3%	111.0%	103.6%
SOPHYLYS (BIO)	111.1%	101.2%	109.7%	177.3%	105.5%	98.0%	117.0%	109.6%	107.0%	107.5%	119.0%	104.9%	109.0%

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

FAO Penman-Monteith Gleichung

Berechnung auf Tagesbasis

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

ET_0 reference evapotranspiration [mm day^{-1}],
 R_n net radiation at the crop surface [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$],
 G soil heat flux density [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$],
 T air temperature at 2 m height [$^{\circ}\text{C}$],
 u_2 wind speed at 2 m height [m s^{-1}],
 e_s saturation vapour pressure [kPa],
 e_a actual vapour pressure [kPa],
 $e_s - e_a$ saturation vapour pressure deficit [kPa],
 Δ slope vapour pressure curve [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],
 γ psychrometric constant [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

- $G = 0$
- $T = (T_{\min} + T_{\max}) / 2$
- $RH = (RH_{\min} + RH_{\max}) / 2$

Berechnung für kurze Zeitschritte

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900 \cdot z}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + C \cdot u_2)}$$

ET_0 = Referenzverdunstung [$\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$]
 Δ = Steigung der Sättigungsdampfdruckkurve [$\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
 R_n = Strahlungsbilanz an der Referenzoberfläche [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$]
 G = Bodenwärmestrom [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$]
 γ = Psychrometernkonstante [$\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
 z = Berechnungszeitschritt [d]
 T = Lufttemperatur in 2 m Höhe über Boden [$^{\circ}\text{C}$]
 u_2 = Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe über Boden [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 e_s = Sättigungsdampfdruck [kPa]
 e_a = aktueller Dampfdruck [kPa]
 C = Aerodynamischer Widerstandsbeiwert [$\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$]

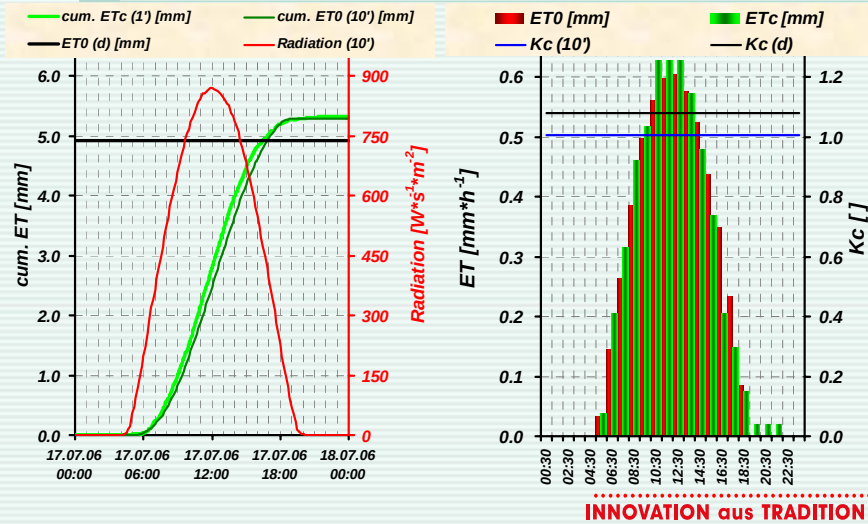
- $G = 0.5 \cdot R_n$ during night time
 $0.1 \cdot R_n$ during day time
- T, RH = mean value of time step
- $C = 0.96$ during night time
 0.24 during day time

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

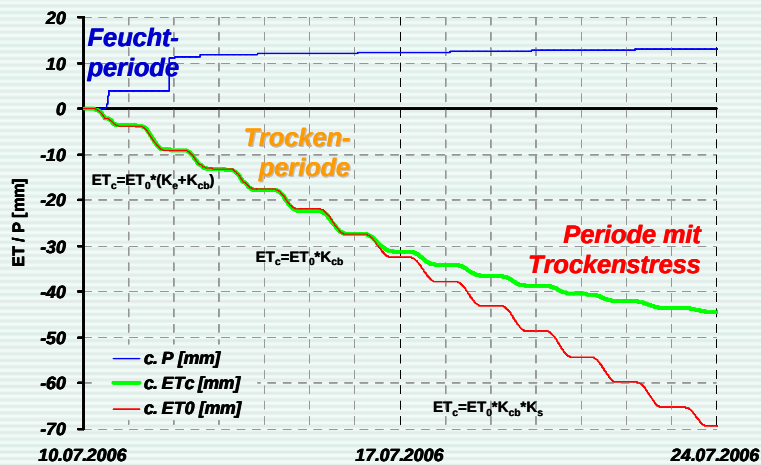
INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

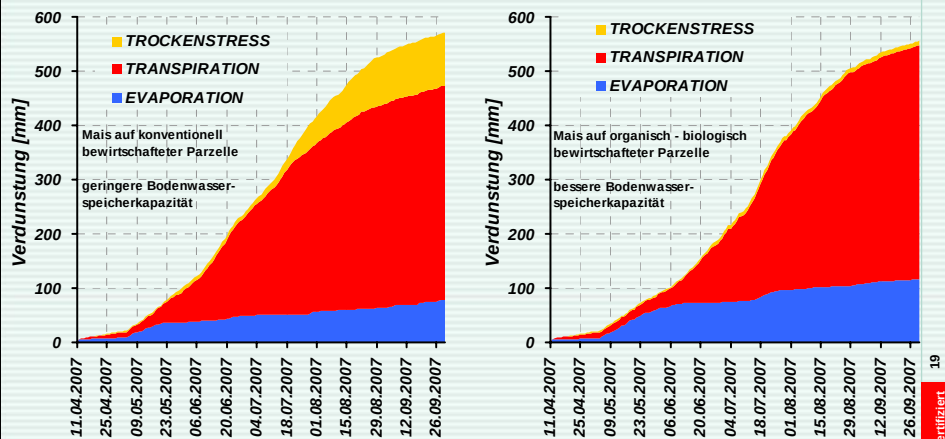
Auswertung Verdunstung Vergleich berechneter ET_0 and gemessener ET_c



Referenzverdunstung : Pflanzenverdunstung



Verdunstung abhängig von Wasser, Boden, Pflanze



© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Sickerwasserregistrierung SOPHYLYS

- **KIPP100:**
digitale
Kippwaage
100 ml = 0.1 mm
- **3.5 % als**
Sammelprobe
- **Wöchentliche**
Probenahme für
Detailanalyse
- **Monatssummen-**
Proben für
 - ➔ Standard
Chemieanalyse
 - ➔ Isotopen-
analysen



© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Sickerwasserwaage HYDROLYS



© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

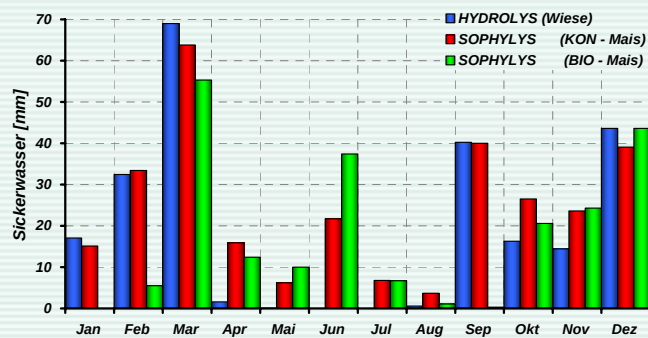
INNOVATION aus TRADITION

21

ISO 9001 zertifiziert

Sickerwassermengen 2007

2007	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
HYDROLYS (Wiese)	17.0	32.4	69.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.6	40.2	16.3	14.4	43.6	235.3
SOPHYLYS (KON - Mais)	15.1	33.4	63.8	15.9	6.2	21.7	6.8	3.7	40.0	26.5	23.6	39.1	295.8
SOPHYLYS (BIO - Mais)	0.0	5.5	55.3	12.4	10.0	37.4	6.7	1.1	0.3	20.6	24.3	43.6	217.2



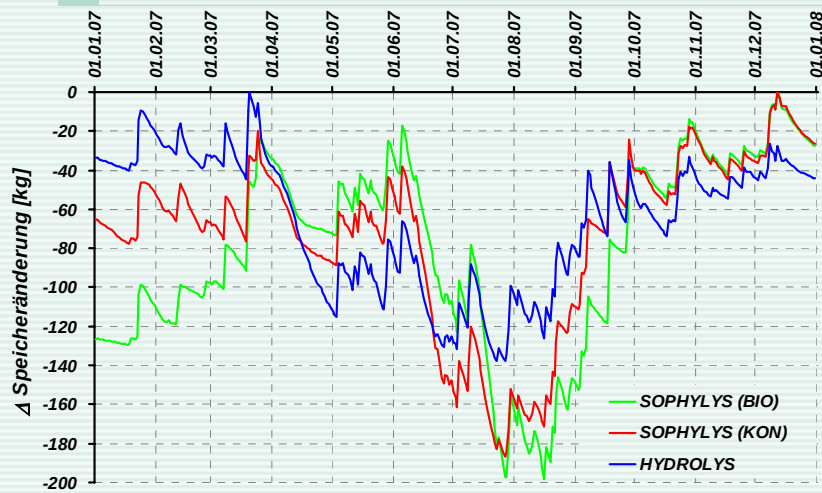
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

22

ISO 9001 zertifiziert

Änderung des Bodenwasserspeicherinhalts

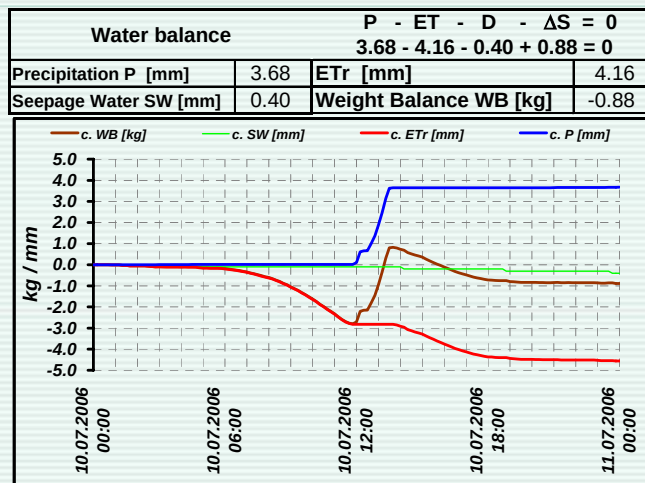


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

23
ISO 9001 zertifiziert

Standörtliche Wasserbilanz 10. 07. 2006 (BIO)



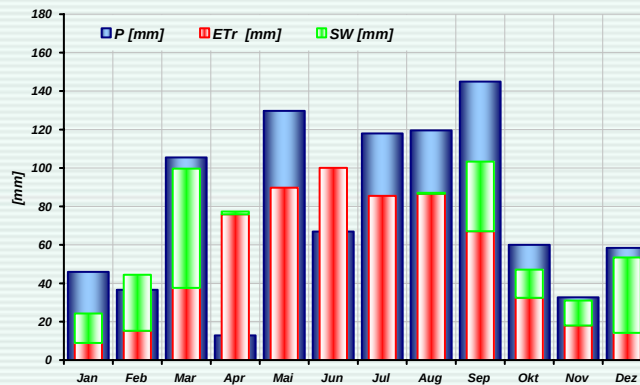
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

24
ISO 9001 zertifiziert

Monats- und Jahreswasserbilanz (HYDROLYS 2007)

2007	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
P [mm]	45.9	36.6	105.5	12.8	129.7	66.9	117.9	119.6	144.9	60.0	32.7	58.5	931.0
ETr [mm]	9.9	17.0	41.7	84.3	99.6	111.2	95.0	96.2	74.6	36.0	20.0	15.8	701.3
SW [mm]	17.0	32.4	69.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.6	40.2	16.3	14.4	43.6	235.3
ΔS [kg]	18.9	-12.9	-5.3	-73.1	30.0	-44.3	23.0	22.8	30.1	7.7	-1.8	-0.9	-5.6



© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Bilanzierung der Verdunstung (HYDROLYS 2007)

Wasserbilanzgleichung: $P - D - \Delta S = ET$

- P variabel aus unterschiedlichen Messgeräten
- D fix aus Lysimetermessungen
(= 235.3 mm)
- ΔS fix aus Gewichtsänderung minus Sickerwasser
(= 229.6 mm – 235.3 mm = -5.7 mm)
- ET Bilanzergebnis

HYDROLYS – Auswertung

- P = 931 mm ET = 701 mm $ET_0 = 763$ mm TS = 62 mm

ZAMG – Niederschlagswippe

- N = 892 mm ET = 663 mm $ET_0 = 763$ mm TS = 100 mm

PLUVIO – Niederschlagswaage

- N = 817 mm ET = 587 mm $ET_0 = 763$ mm TS = 176 mm

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Tracerversuch zur Klärung der Frage des Makroporenflusses nach der Entnahme und zur Ermittlung von Massenbilanzen



	ORGANIC FARMING		CONVENTIONAL FARMING	
	Inner Circle	Outer Circle	Inner Circle	Outer Circle
Area [m²]	0.5	0.5	0.5	0.5
Tracer	² H	NaBr	² H	NaBr
Tracer Amount	10 ml 99.8 %	50 g	10 ml 99.8 %	50 g
Solution Amount	1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml
Start Time	12.04.2005 16:46	12.04.2005 17:00	12.04.2005 16:53	12.04.2005 17:09
End Time	12.04.2005 16:48	12.04.2005 17:01	12.04.2005 16:55	12.04.2005 17:11
Weight Difference [kg]	0.98	0.98	0.99	0.98

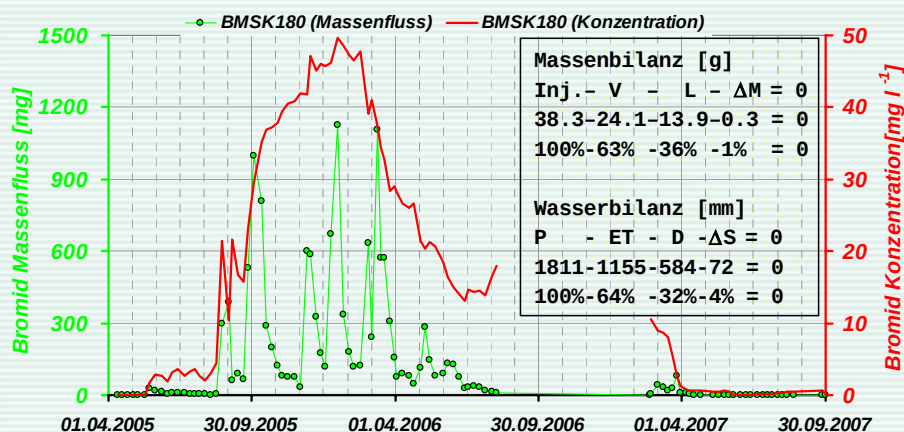
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

27

ISO 9001 zertifiziert

Tracerversuche zur Ermittlung von Wasser- und Stoffbilanzen

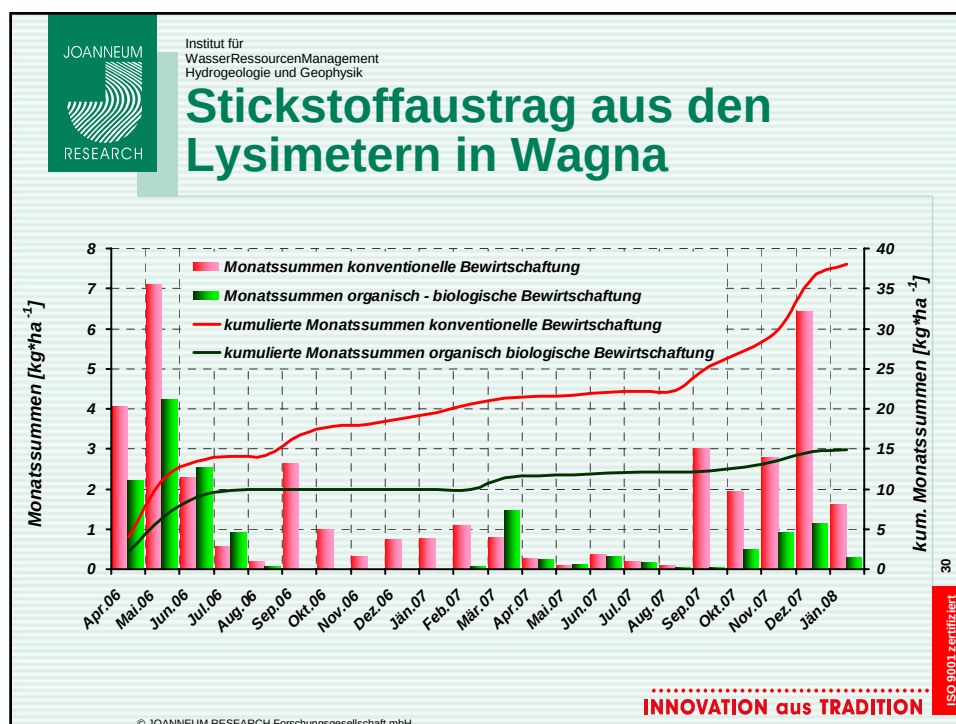
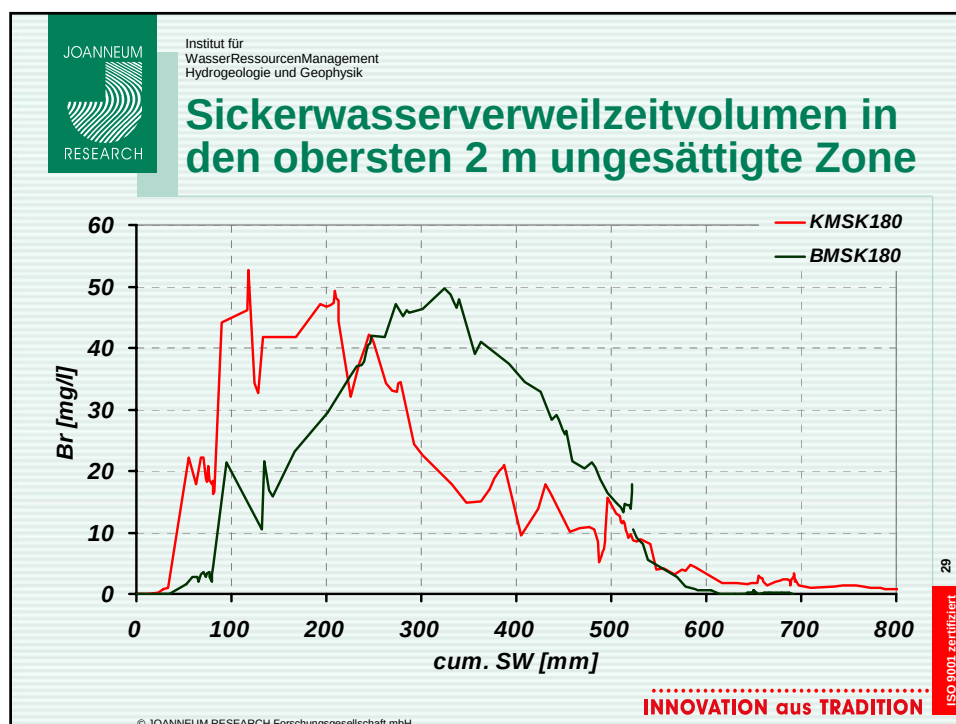


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

28

ISO 9001 zertifiziert



Stoffaustrag in Richtung Grundwasser

01.04.2006 - 31.01.2008

Parameter	Einheit	Konventionelle Bewirtschaftung	Organisch - biologische Bewirtschaftung
Sickerwassermenge	mm	497	300
Mittelwert el. Leitfähigkeit	$\mu\text{S cm}^{-1}$	280	365
Mittelwert pH-Wert	-	6.98	7.24
Auswaschung			
Natrium	kg ha^{-1}	33.93	14.60
Kalium	kg ha^{-1}	3.56	1.37
Magnesium	kg ha^{-1}	21.08	12.57
Kalzium	kg ha^{-1}	252.49	197.99
Chlorid	kg ha^{-1}	38.24	4.77
Nitrat	kg ha^{-1}	168.69	68.33
Sulfat	kg ha^{-1}	174.70	99.79
Mittlere Konzentrationen			
Natrium	mg l^{-1}	7.05	5.19
Kalium	mg l^{-1}	0.76	0.51
Magnesium	mg l^{-1}	4.08	4.32
Kalzium	mg l^{-1}	47.47	67.98
Chlorid	mg l^{-1}	7.59	1.90
Nitrat	mg l^{-1}	30.25	25.47
Sulfat	mg l^{-1}	36.44	34.03

INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

31

ISO 9001 zertifiziert

Zusammenfassung und Ausblick

- Moderne monolithische Präzisionslysimeter vermeiden die meisten der bekannten Lysimeterfehler
- Alle Parameter der standörtlichen Wasserbilanz können für beliebige Zeitschritte aus den Lysimetermessungen abgeleitet werden
 - ➔ Dabei ist auf exakte Datenerfassung, -bearbeitung und -auswertung zu achten
- Lysimetermessungen bilden eine unverzichtbare Basis
 - ➔ für die Modellentwicklung und -validierung
 - ➔ für Stofftransportuntersuchungen
- Lysimeter-Mess- und Auswerteergebnisse sollten künftig in die hydrografische Dokumentation Eingang finden

INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

32

ISO 9001 zertifiziert

Das beste Lysimeter ist das, das man nicht sieht



33

ISO 9001 zertifiziert

INNOVATION aus TRADITION